

姜 森,许向阳,姜景彬,等. 番茄耐盐性的遗传分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):88-91.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.023

番茄耐盐性的遗传分析

姜 森,许向阳,姜景彬,李景富

(东北农业大学园艺学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:为研究番茄耐盐性的遗传规律,选用耐盐性差异较大的品种早粉 2 号和醋栗番茄(LA2184)配制早粉 2 号 × 醋栗番茄杂交组合,对其 P_1 、 P_2 、 F_1 、 F_2 、 BC_1P_1 、 BC_1P_2 共 6 个家系世代群体苗期植株进行耐盐性调查,通过 6 个世代联合分析的方法,研究番茄耐盐性的遗传规律。结果表明,早粉 2 号 × 醋栗番茄耐盐性遗传模型为 2 对加性-显性上位性主基因 + 加性-显性-上位性多基因混合遗传模型,在该群体中加性效应(d_a 、 d_b)均为 1.332 1,显性效应(h_a 、 h_b)分别为 1.038 0、3.510 4,上位性效应($i_{j_{ab}}$ 、 j_{ba} 、 l)分别为 1.325 6、-1.259 9、-3.732 4、-1.004 9、 BC_1P_1 、 BC_2P_2 、 F_2 的主基因遗传力(h_{mg}^2)分别为 0.579 1、0.342 0、0.601 1。

关键词:番茄;耐盐性;遗传规律;遗传模型

中图分类号: S641.203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0088-04

盐害是世界范围内严重影响作物生长发育及产量形成的主要环境因素之一^[1]。据统计,全世界约 20% 保护地面积以及将近 50% 灌溉耕地面积受土壤盐渍化的侵害^[2]。土壤表面过度蒸腾、地下水位升高以及不当的栽培管理措施,包括轮作不合理、大水漫灌、过度施肥常常是导致土壤盐渍化的主要

原因^[3]。除加强和改善栽培管理措施外,耐盐新品种的选育对于降低土壤盐渍化的危害也具有十分重要的意义^[4]。

番茄(*Solanum lycopersicum*)属茄科茄属,广泛栽培于世界各地,可鲜食,也可加工成不同类型的番茄制品^[5-6]。普通番茄栽培种一般属中度盐敏感植物,番茄耐盐基因多来自野生番茄,所以表型重组、标记辅助选育可更有效地选育耐盐新品种^[7]。随着数量遗传学的发展,人们对植物性状遗传规律有了更深度认识,对新品种选育有很大的帮助,因此研究番茄耐盐性遗传规律,对加快高耐盐性番茄育种具有重要的意义。

本试验从数量遗传学角度,利用耐盐性差异较大的栽培番茄和野生番茄配制杂交组合,对其 P_1 、 P_2 、 F_1 、 F_2 、 BC_1P_1 、

收稿日期:2016-03-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:31272171);“十二五”国家科技支撑计划(编号:2012BAD02B02-7)。

作者简介:姜 森(1990—),女,吉林长春人,硕士研究生,主要从事蔬菜育种研究。E-mail:1066314140@qq.com。

通信作者:李景富,教授,博士生导师,主要从事蔬菜育种研究。E-mail:Lijf_2005@126.com。

[8] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[9] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson P S. An extraction method for measuring microbial biomass [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1987, 19(19): 703-707.

[10] Anderson J P E. Methods of soil analysis[M]. Madison: American Society of Agronomy, 1982: 837-871.

[11] Nannipieri P, Ceccanti B, Cervell S, et al. Extraction of phosphatase, urease, protease, organic carbon and nitrogen from soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1980, 44(45): 1011-1016.

[12] Ladd J N, Butler J H A. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1972, 4(1): 19-30.

[13] Tabatabai M A, Weaver R W, Angle J S, et al. Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties [M]. New York: Soil Science Society of America, 1994, 775-833.

[14] Meek B D, Ehlig C F, Stolzy L H, et al. Furrow and strickle irrigation: effects on soil oxygen and ethylene and tomato yield [J]. Soil Science Society of America Journal, 1983, 47(4): 631-635.

[15] Brzezinska M, Stepniewski W, Stepniewska Z, et al. Effect of oxygen

deficiency on soil dehydrogenase activity in a pot experiment with triticale cv. Jago vegetation [J]. International Agrophysics, 2001, 15(3): 145-149.

[16] Sardinha M, Muller T, Schmeisky H, et al. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions [J]. Applied Soil Ecology, 2003, 23: 237-244.

[17] Tripathi S, Kumari S, Chakraborty A, et al. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils [J]. Biology and Fertility of Soils, 2006, 42(3): 273-277.

[18] Wong V N L, Dalal R C, Greene R S B. Salinity and sodicity effects on respiration and microbial biomass of soil [J]. Biology and Fertility of Soils, 2008, 44(7): 943-953.

[19] Rietz D, Haynes R. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(6): 845-854.

[20] Avidano L, Gamalero E, Cossa G P, et al. Characterization of soil health in an Italian polluted site by using microorganisms as bioindicators [J]. Applied Soil Ecology, 2005, 30(1): 21-33.

[21] Tripathi S, Chakraborty A, Chakrabarti K, et al. Enzyme activities and microbial biomass in coastal soils of India [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(11): 2840-2848.

BC₁P₂ 共 6 个家系世代群体苗期植株进行耐盐性调查,采用多世代联合分析法对番茄植株耐盐性进行遗传规律分析,以期对耐盐性番茄的选育奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

父本醋栗番茄(LA2184)由美国番茄遗传资源中心提供,母本早粉 2 号由东北农业大学园艺学院番茄课题组提供。父母本于 2014 年 6 月在东北农业大学园艺站杂交,同年 10 月,将 F₁ 代种子送往海南省加代,得到 F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 这 3 个世代种子。2015 年 3 月将 P₁、P₂、F₁、F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 6 个家系世代群体种子播种于东北农业大学园艺站。

1.2 试验方法

待 P₁、P₂、F₁、F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 6 个世代植株长到 4 叶 1 心,把长势一致的植株从草炭-珍珠岩-蛭石(体积比 1:1:1)中移出并小心将根部清洗干净,移栽至无土栽培的培养箱中,每个培养箱中盛有 30 L Hoagland 培养液,连通气泵的气室 1 个。每 12 株苗随机固定于同一培养箱,每隔 1 d 将蒸发掉的水分用去离子水补充到原体积。定期通风补光,使所有植株生长条件一致。移苗 20 d 后,每隔 2 d 向培养箱中加入 50 mmol/L NaCl,进行 NaCl 胁迫处理,终浓度达到 400 mmol/L 后统计盐害情况。

1.3 耐盐性调查方法

苗期耐盐性调查参照 Foolad 等的方法^[8-9]。当盐浓度达到终浓度后于第 4 天调查耐盐级数,根据盐害的症状(萎黄、

坏疽、枯萎)按照耐盐程度分为 11 个等级。具体分级标准如下:0 级,完全致死;1 级,植株叶枯萎,茎秆直立;2 级,植株叶枯萎,茎秆直立且绿色;3 级,植株叶一半萎黄,一半枯萎;4 级,植株叶大部分萎黄,有少许萎缩绿叶;5 级,植株叶 1/3 绿色、2/3 萎黄,绿叶萎缩严重;6 级,植株叶 1/2 绿色、1/2 萎黄,绿叶有萎缩;7 级,植株叶 2/3 绿色、1/3 萎黄,绿叶有萎缩;8 级,叶全绿色,有萎缩;9 级,叶全绿色,有轻微萎缩;10 级,植株健康,没有任何盐害症状。相应公式:

盐害指数 = $\Sigma(\text{代表级数} \times \text{株数}) / (\text{最高级值} \times \text{总株数}) \times 100\%$ 。

1.4 遗传模型分析方法

根据盖钧铭所编著的《植物数量性状遗传体系》中多世代联合的数量性状分离分析方法^[10-15],对番茄植株耐盐性进行遗传规律分析。应用南京农业大学章元明老师提供的新版多世代联合的数量性状分离分析软件 SEA-G6 进行数据分析^[16-17]。

2 结果与分析

2.1 番茄盐害级数分布特征

2.1.1 盐害级数在 6 个世代中的频数分布 P₁、P₂ 分别为父、母本,其中 P₁ 为高耐盐品种, P₂ 为盐敏感性品种。从图 1 可知, F₁ 盐害级数频数分布与 P₁ 相似;耐盐性在各分离世代中表现为单峰分布或多峰分布,具有主基因+多基因模型的遗传特征,可以进行下一步分析。

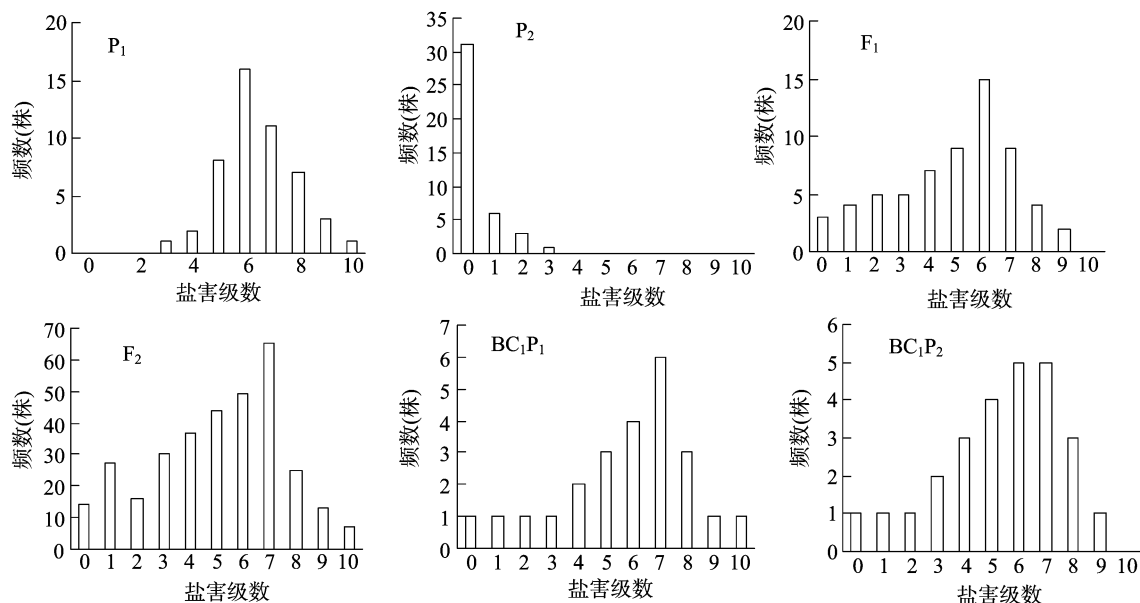


图1 耐盐级数在 6 个世代中的频数分布

2.1.2 6 个世代盐害级数和盐害指数 由表 1 可知,在 P₁、P₂、F₁、F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 6 个世代植株中, P₁ 的盐害级数为 6.469 4 高于 P₂ 的 0.365 9, F₁、F₂ 的盐害级数分别为 4.222 2、4.975 5,为双亲中间型,均偏向于耐盐亲本。

2.2 番茄的耐盐性遗传

2.2.1 遗传模型 利用 6 个世代联合分析的方法对 6 个世代盐害级数数据进行分析,得到各种模型下的由全部成分

布组成的似然函数,从中获得该 6 个世代的极大似然函数和最小信息准则(AIC)值。根据最小 AIC 值原则,从各种模型中初步确定该杂交组合的最优遗传模型为 B-1、D-1、E、E-1(表 2)。

对候选遗传模型适合度检验表明,在 4 个候选模型中, E-1 模型、B-1 模型、E 模型、D-1 模型的适合性检验统计量与分离群体的分布不一致个数分别为 6、5、4、12 个(表 3)。

表 1 P₁、P₂、F₁、F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 6 个家系世代
群体盐害级数和盐害指数

| 世代 | 盐害级数 | 盐害指数(%) |
|--------------------------------|---------|----------|
| P ₁ | 6.469 4 | 5.969 9 |
| P ₂ | 0.365 9 | 0.282 5 |
| BC ₁ P ₁ | 5.750 0 | 2.598 9 |
| BC ₁ P ₂ | 5.407 4 | 2.749 5 |
| F ₁ | 4.222 2 | 5.009 4 |
| F ₂ | 4.975 5 | 30.640 3 |

E 模型的适合性检验统计量与分离群体的分布不一致个数最少,因此 2 对加性-显性上位性主基因+加性-显性-上位性多基因混合遗传模型(E)为本试验的最佳遗传模型。

2.2.2 遗传参数的估计 模型分布参数如表 4 所示,一阶遗传参数与二阶遗传参数如表 5 所示,可以看出,该群体中加性效应(d_a 、 d_b)均为 1.332 1,均表现为增效,2 对主基因作用相同;显性效应(h_a 和 h_b)分别为 1.038 0、3.510 4,第 1 对基因的显性效应小于其加性效应,显性效应表现为正向部分显性,第 2 对基因的显性效应大于其加性效应,显性效应表现为负向部分显性;上位性效应(i 、 j_{ab} 、 j_{ba} 、 l)分别为 1.325 6、-1.259 9、-3.732 4、-1.004 9,从上位效应可以看出,2 对主基因的加性互作效应(i)为正向,第 1 对主基因的加性效应(d)与第 2 对主基因的显性效应(h)间的互作效应(j_{ab})为负向,且作用较小;第 1 对主基因的显性效应(h)与第 2 对主基因的加性效应(d)间的互作效应(j_{ba})表现为负向,作用较大;2 对主基因的显性互作效应(l)为负向,作用较小;BC₁P₁、BC₁P₂、F₂ 的主基因遗传力(h_{mg}^2)分别为 0.579 1、0.342 0、

表 2 P₁、P₂、F₁、F₂、BC₁P₁、BC₁P₂ 6 家系世代群体在
不同遗传模型下的极大似然函数和 AIC 值

| 模型 | 极大似然函数 | AIC |
|-----|--------------|--------------|
| A-1 | -1 688.865 9 | 3 385.731 8 |
| A-2 | -1 700.410 1 | 3 406.820 2 |
| A-3 | -1 740.032 1 | 3 486.064 3 |
| A-4 | -1 686.512 7 | 3 379.025 3 |
| B-1 | -1 608.051 4 | 3 236.102 7* |
| B-2 | -1 672.231 9 | 3 356.463 7 |
| B-3 | -1 715.463 8 | 3 438.927 7 |
| B-4 | -1 708.165 7 | 3 422.331 4 |
| B-5 | -1 775.187 8 | 3 558.375 7 |
| B-6 | -1 775.189 0 | 3 556.377 9 |
| C | -1 659.621 1 | 3 339.242 2 |
| C-1 | -1 685.856 2 | 3 385.712 5 |
| D | -1 643.255 9 | 3 310.511 7 |
| D-1 | -1 620.919 8 | 3 259.839 6* |
| D-2 | -1 679.041 0 | 3 374.082 0 |
| D-3 | -1 685.150 3 | 3 386.300 6 |
| D-4 | -1 685.095 4 | 3 386.190 8 |
| E | -1 606.766 6 | 3 249.533 2* |
| E-1 | -1 476.262 3 | 2 982.524 6* |
| E-2 | -1 685.152 5 | 3 392.305 0 |
| E-3 | -1 653.477 3 | 3 324.954 6 |
| E-4 | -1 684.907 3 | 3 385.814 5 |
| E-5 | -1 685.066 1 | 3 388.132 3 |
| E-6 | -1 685.105 8 | 3 386.211 6 |

注:“*”表示 AIC 值较小,对应的模型为候选遗传模型。

表 3 LA2184×早粉 2 号组合模型适合性检验

| 模型 | 群体 | U_1^2 | U_2^2 | U_3^2 | nW^2 | D_n |
|-----|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| E-1 | P ₁ | 0.269 6(0.603 7) | 0.007 0(0.933 2) | 2.807 5(0.093 8) | 0.320 8(>0.05) | 0.035 4(>0.05) |
| | P ₂ | 0.410 6(0.521 6) | 1.273 2(0.259 2) | 4.127 5(0.042 2)* | 1.553 6(<0.05)* | 0.024 3(>0.05) |
| | F ₁ | 2.913 4(0.087 8) | 2.273 8(0.131 6) | 0.335 2(0.562 6) | 3.519 2(<0.05)* | 0.017 2(>0.05) |
| | F ₂ | 0.064 1(0.800 1) | 0.090 5(0.763 4) | 0.049 6(0.823 8) | 0.926 1(<0.05)* | 0.002 5(>0.05) |
| | BC ₁ P ₁ | 0.014 0(0.905 9) | 0.009 3(0.923 3) | 0.005 7(0.941 8) | 0.120 3(>0.05) | 0.037 4(>0.05) |
| | BC ₁ P ₂ | 0.336 1(0.562 1) | 1.673 7(0.195 8) | 8.581 8(0.003 4)* | 0.453 4(>0.05) | 0.330 6(<0.05)* |
| B-1 | P ₁ | 0.362 8(0.547 0) | 0.028 4(0.886 1) | 2.749 3(0.097 3) | 0.330 9(>0.05) | 0.034 5(>0.05) |
| | P ₂ | 8.234 4(0.004 1)* | 7.158 7(0.007 5)* | 0.169 3(0.680 7) | 2.302 0(<0.05)* | 0.024 0(>0.05) |
| | F ₁ | 0.908 3(0.340 6) | 0.923 0(0.336 7) | 0.023 0(0.879 5) | 3.232 2(<0.05)* | 0.014 6(>0.05) |
| | F ₂ | 0.439 0(0.507 6) | 0.259 7(0.610 3) | 0.278 6(0.597 6) | 1.088 0(<0.05)* | 0.002 0(>0.05) |
| | BC ₁ P ₁ | 0.081 9(0.774 8) | 0.105 3(0.745 5) | 0.036 1(0.849 3) | 0.145 8(>0.05) | 0.026 2(>0.05) |
| | BC ₁ P ₂ | 0.458 9(0.498 1) | 0.077 7(0.780 4) | 2.275 4(0.131 4) | 0.377 5(>0.05) | 0.233 2(>0.05) |
| E | P ₁ | 0.357 8(0.549 7) | 0.027 0(0.869 4) | 2.752 3(0.097 1) | 0.330 4(>0.05) | 0.034 6(>0.05) |
| | P ₂ | 1.319 9(0.250 6) | 2.281 8(0.130 9) | 2.536 5(0.111 2) | 1.647 2(<0.05)* | 0.024 2(>0.05) |
| | F ₁ | 3.042 4(0.081 1) | 2.355 0(0.124 9) | 0.380 8(0.537 2) | 3.536 1(<0.05)* | 0.017 4(>0.05) |
| | F ₂ | 0.071 9(0.788 6) | 0.038 6(0.844 3) | 0.064 0(0.800 3) | 1.058 6(<0.05)* | 0.001 5(>0.05) |
| | BC ₁ P ₁ | 0.002 9(0.957 2) | 0.000 1(0.990 8) | 0.064 6(0.799 4) | 0.126 3(>0.05) | 0.023 0(>0.05) |
| | BC ₁ P ₂ | 0.057 9(0.809 8) | 0.010 2(0.919 5) | 1.786 3(0.181 4) | 0.319 5(>0.05) | 0.246 2(<0.05)* |
| D-1 | P ₁ | 0.224 7(0.635 5) | 0.809 1(0.368 4) | 3.105 3(0.078 0) | 0.303 5(>0.05) | 0.046 9(>0.05) |
| | P ₂ | 49.795 1(0.000 0)* | 24.633 6(0.000 0)* | 55.906 5(0.000 0)* | 6.007 4(<0.05)* | 0.017 2(>0.05) |
| | F ₁ | 10.908 2(0.001 0)* | 6.824 5(0.009 0)* | 5.485 0(0.019 2)* | 4.462 2(<0.05)* | 0.024 5(>0.05) |
| | F ₂ | 0.380 7(0.537 2) | 0.134 3(0.714 1) | 0.853 8(0.355 5) | 1.035 0(<0.05)* | 0.002 2(>0.05) |
| | BC ₁ P ₁ | 0.008 1(0.928 2) | 0.002 2(0.962 2) | 0.289 7(0.590 4) | 0.151 7(>0.05) | 0.025 1(>0.05) |
| | BC ₁ P ₂ | 11.574 4(0.000 7)* | 14.269 6(0.000 2)* | 3.739 1(0.053 2) | 1.455 5(<0.05)* | 0.090 3(>0.05) |

注:括号内为 P 值;“*”表示 NaCl 的耐盐性分布与理论分布不一致($P<0.05$)。

表 4 LA2184 × 早粉 2 号组合模型成分分布的极大似然估计值

| 参数 | 估计值 | 参数 | 估计值 | 参数 | 估计值 | 参数 | 估计值 |
|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| μ_1 | 6.320 0 | μ_{43} | 1.229 3 | μ_{54} | 1.191 1 | μ_{65} | 5.802 7 |
| μ_2 | 1.717 4 | μ_{44} | 6.135 1 | μ_{61} | 6.249 1 | μ_{66} | 5.697 5 |
| μ_3 | 0.365 9 | μ_{51} | 6.073 3 | μ_{62} | 5.842 0 | μ_{67} | 0.933 7 |
| μ_{41} | 6.581 4 | μ_{52} | 5.968 1 | μ_{63} | 0.933 7 | μ_{68} | 5.697 4 |
| μ_{42} | 6.174 3 | μ_{53} | 5.967 9 | μ_{64} | 0.896 9 | μ_{69} | 0.920 5 |

表 5 LA2184 × 早粉 2 号组合模型的遗传参数估计值

| 一阶遗传参数 | 估计值 | 二阶遗传参数 | 估计值 | | |
|----------|----------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
| | | | BC ₁ P ₁ | BC ₁ P ₂ | F ₂ |
| m_1 | 2.330 2 | σ_{mg}^2 | 4.628 6 | 1.749 2 | 5.070 7 |
| m_2 | -1.826 1 | h_{mg}^2 | 0.579 1 | 0.342 0 | 0.601 1 |
| m_3 | 1.704 6 | σ_e^2 | 3.364 8 | 3.364 8 | 3.364 8 |
| m_4 | 2.591 6 | | | | |
| m_5 | 2.529 8 | | | | |
| m_6 | 2.259 3 | | | | |
| d_a | 1.332 1 | | | | |
| d_b | 1.332 1 | | | | |
| h_a | 1.038 0 | | | | |
| h_b | 3.510 4 | | | | |
| i | 1.325 6 | | | | |
| j_{ab} | -1.259 9 | | | | |
| j_{ba} | -3.732 4 | | | | |
| l | -1.004 9 | | | | |

0.601 1。

3 结论与讨论

耐盐性是非常复杂的数量性状,受许多耐盐机制及不同基因的作用。盐胁迫会对番茄的生长发育和产品品质造成双重影响,如影响种子萌发^[18-19]、抑制植株生长^[20]、降低番茄营养品质^[21-22]等。研究番茄耐盐性的遗传模型对培育耐盐性番茄品种能起到至关重要的作用。

番茄耐盐遗传模型与多种植物的耐盐模型是一致的,均属于加性-显性模型,但是以加性还是显性为主,不同研究结论不同。刘翔认为番茄耐盐性为加性-显性模型,表现为部分显性,以加性效应为主^[23]。邱杨等研究小白菜耐盐性,结果表明,小白菜耐盐性遗传属于加性-显性遗传,以显性为主^[24]。Gregorio 等对水稻耐盐性遗传组成的分析发现,控制低水平的 Na-K 率是由加性和显性基因共同作用的结果,2 组基因存在超显性的特点^[25]。

本试验通过 6 个世代联合分析的方法研究番茄耐盐性的遗传规律。结果表明,番茄耐盐性模型为 2 对加性-显性上位性主基因+加性-显性-上位性多基因混合遗传模型,在该群体中加性效应(d_a 、 d_b)均为 1.332 1,显性效应(h_a 、 h_b)分别为 1.038 0、3.510 4,上位性效应(i 、 j_{ab} 、 j_{ba} 、 l)分别为 1.325 6、-1.259 9、-3.732 4、-1.004 9,BC₁P₁、BC₁P₂、F₂ 的主基因遗传力(h_{mg}^2)分别为 0.579 1、0.342 0、0.601 1。

参考文献:

- [1] Greenway H, Munns R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes [J]. Annual Review of Plant Physiology, 1980, 31(1): 149-190.
- [2] Ghassemi F, Jakeman A J, Nix H A. Salinisation of land and water

resources; human causes, extent, management and case studies [M]. London: CAB International, 1995.

- [3] Foolad M R. Recent advances in genetics of salt tolerance in tomato [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2004, 76(2): 101-119.
- [4] Cuartero J, Bolarin M C, Asins M J, et al. Increasing salt tolerance in the tomato [J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(5): 1045-1058.
- [5] 徐苏萌, 高艳明, 马晓燕, 等. 不同有机肥配比对设施番茄生长、品质和基质环境的影响 [J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 189-195.
- [6] 杨玛丽, 赵统敏, 余文贵, 等. 转基因 RNAi 技术在番茄研究中的应用 [J]. 江苏农业学报, 2015, 31(1): 217-221.
- [7] Foolad M R, Jones R A. Genetic analysis of salt tolerance during germination in *Lycopersicon* [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1991, 81(3): 321-326.
- [8] Foolad M R, Zhang L P, Lin G Y. Identification and validation of QTLs for salt tolerance during vegetative growth in tomato by selective genotyping [J]. Genome, 2001, 44: 444-454.
- [9] Dasgan H Y, Aktas H, Abak K, et al. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses [J]. Plant Science, 2002, 163(4): 695-703.
- [10] 盖钧镒. 植物数量性状遗传体系 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [11] 孟凡奇. 棉子含油量多世代遗传分析 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [12] Guo J, Zheng J Q, Zu Y X, et al. Study on inheritance mechanism of tomato fruit firmness [J]. Agricultural Science Technology, 2013, 14(8): 1109-1111.
- [13] 董邵云. 黄瓜果皮光泽性状的遗传机制与基因定位 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [14] 程振家, 王怀松, 张志斌, 等. 甜瓜白粉病抗性遗传机制研究 [J]. 江苏农业科学, 2006(6): 224-225.
- [15] 程振家. 甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 白粉病抗性遗传机制及抗病基因 AFLP 分子标记研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [16] 曹锡文, 刘兵, 章元明. 植物数量性状分离分析 Windows 软件包 SEA 的研制 [J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(6): 1-6.
- [17] 章元明, 盖钧镒. 数量性状分离分析中分布参数估计的 IECM 算法 [J]. 作物学报, 2000, 26(6): 699-706.
- [18] 周琦, 崔继哲, 付畅. 番茄的耐盐性与耐盐转基因番茄 [J]. 生物技术通报, 2008(1): 34-37.
- [19] 杨霄乾, 靳亚忠, 何淑平. NaCl 盐胁迫对番茄种子萌发的影响 [J]. 北方园艺, 2008(11): 24-26.
- [20] 陈建林, 吴雪霞, 朱为民. NaCl 胁迫下不同番茄品种幼苗耐盐性研究 [J]. 上海农业学报, 2008, 24(3): 80-83.
- [21] 李伟, 姜晶, 李天来. 不同浓度 NaCl 处理对番茄果实生长、产量和品质的影响 [J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 502-504.
- [22] 李红彦, 裴孝伯, 王跃. 硫酸钠盐胁迫处理对番茄产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 191-194.
- [23] 刘翔. 番茄耐盐相关性状的遗传研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.
- [24] 邱杨, 李锡香. 小白菜耐盐性的遗传分析 [J]. 中国蔬菜, 2009(4): 21-25.
- [25] Gregorio G B, Senadhira D. Genetic analysis of salinity tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1993, 86(2/3): 333-338.